



DERWENT-ACC-NO: 1995-217607

DERWENT-WEEK: 199529

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Automatic recognition of modulation type of intercepted signal - uses sigmoid neural network to determine correspondence between first to fourth order moments of amplitude, phase and frequency

INVENTOR: LOUIS, C

PATENT-ASSIGNEE: ALCATEL ALSTHOM CIE GEN ELECTRICITE[COGE]

PRIORITY-DATA: 1993FR-0014724 (December 8, 1993)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO MAIN-IPC	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
FR 2713799 A1	June 16, 1995	N/A	016 G06F 015/80

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
FR 2713799A1	N/A	1993FR-0014724	December 8, 1993

INT-CL (IPC): G06F015/80, H04L027/00

ABSTRACTED-PUB-NO: FR 2713799A

BASIC-ABSTRACT:

The modulation recognition involves transforming (2) the intercepted digitally modulated signal to extract digital magnitudes, and comparing (3) these to known magnitudes associated with different types of modulation.

The digital magnitudes are determined from the statistical moments of orders 1 to 4 on the amplitude, the phase and the instantaneous frequency of the signal.

The relation between these characteristics of the signal and the known signal characteristics is determined by an open loop sigmoid neural net which has previously been apprenticed with examples of the major types of digital modulation.

USE - Military and civil surveillance of digital radio communication

ADVANTAGE - Recognises modulation type automatically despite noisy transmission.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.8/8

TITLE-TERMS: AUTOMATIC RECOGNISE MODULATE TYPE INTERCEPT
SIGNAL SIGMOID NEURAL

NETWORK DETERMINE CORRESPOND FIRST FOURTH ORDER
MOMENT AMPLITUDE
PHASE FREQUENCY

ADDL-INDEXING-TERMS:

MILITARY CIVIL SURVEILLANCE DIGITAL RADIO COMMUNICATION

DERWENT-CLASS: T01 U23 W01

EPI-CODES: T01-J16C1; U23-P01; W01-A09A2; W01-A09B; W01-A09C;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1995-170517

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : **2 713 799**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **93 14724**

(51) Int Cl^e : G 06 F 15/80, H 04 L 27/00

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 08.12.93.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 16.06.95 Bulletin 95/24.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : ALCATEL ALSTHOM COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRICITE Société Anonyme — FR.

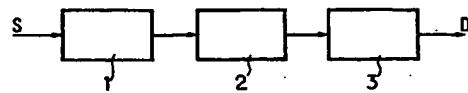
(72) Inventeur(s) : Louis Christian.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : SOSPI.

(54) Procédé pour reconnaître automatiquement la modulation d'un signal Intercepté.

(57) Un procédé pour reconnaître le type de modulation numérique utilisé pour émettre un signal intercepté et a priori inconnu, en vue du décodage de celui-ci, dans lequel on transforme ce signal intercepté sous une forme numérique sur la base de laquelle on extrait (1) des grandeurs numériques servant à discriminer différents types de modulations numériques et on établit (2, 3) une correspondance entre ces grandeurs numériques et un type particulier connu de modulation numérique, caractérisé en ce qu'on utilise, en tant que grandeurs numériques, les premiers moments statistiques d'ordre 1 à 4 sur l'amplitude, la phase et la fréquence instantanées de ce signal, et on établit une correspondance entre ces grandeurs numériques et un type de modulation numérique à l'aide d'un réseau de neurones sigmoïde non bouclé qui a subi un apprentissage préalable pour classer lesdites grandeurs numériques sur des sorties représentatives des classes de modulations numériques suivantes: FSK2, FSK4, FSK8, PSK2, PSK4, PSK8, QAM16, QAM64, OCQPSK, MSK.



FR 2 713 799 - A1



Procédé pour reconnaître automatiquement la modulation
d'un signal intercepté

L'invention porte sur un procédé pour reconnaître le
5 type de modulation numérique utilisé pour émettre un signal
intercepté et a priori inconnu, en vue du décodage de celui-
ci, dans lequel on transforme ce signal intercepté sous une
forme numérique sur la base de laquelle on extrait des
grandeurs numériques servant à discriminer différents types
10 de modulations numériques et on établit une correspondance
entre ces grandeurs numériques et un type particulier connu
de modulation numérique.

Il y a un besoin important, dans le domaine militaire
mais aussi civil, de surveiller l'activité radioélectrique.
15 Le décodage des signaux interceptés passe par une succession
d'étapes de traitement incluant la reconnaissance de la
modulation utilisée pour émettre ce signal. Les techniques
actuelles de communication de données font largement appel
aux modulations numériques et dans ce cas il s'agit de
20 reconnaître une modulation numérique particulière parmi
celles les plus fréquemment utilisées. Les modulations
numériques les plus largement utilisées dans le domaine
militaire sont les modulations FSK,PSK,MSK,QAM et OQPSK.

Reconnaître la modulation numérique d'un signal
25 intercepté et a priori inconnu est un problème complexe.

Il est connu que certaines modulations numériques ont
des diagrammes de l'oeil et de constellation
caractéristiques. Il est donc possible de reconnaître la
modulation numérique utilisée pour émettre un signal à
30 partir de l'observation des diagrammes de l'oeil et de
constellation de ce signal. Ce procédé est toutefois limité
à des signaux interceptés pas ou peu bruités. Son
utilisation reste ponctuelle et manuelle.

Des tentatives ont déjà été menées pour automatiser la
35 reconnaissance de la modulation numérique d'un signal
intercepté. Les plus remarquables sont basées sur la

reconnaissance des formes. Dans ces tentatives, la correspondance entre les grandeurs numériques et un type particulier de modulation numérique est établie à l'aide de classifieurs linéaires, quadratiques ou des arbres de 5 décision. Mais là encore, ces procédés connus restent limités aux signaux peu bruités, de l'ordre de 25 à 50dB. Par ailleurs, les moyens matériels qu'ils mettent en oeuvre sont très compliqués. Ils permettent de reconnaître un faible nombre de modulations numériques, typiquement 2 ou 3 10 modulations numériques différentes.

Le but de l'invention est de proposer un procédé permettant de reconnaître la modulation numérique utilisée pour émettre un signal intercepté et a priori inconnu, même fortement bruité, parmi une dizaine de modulations 15 numériques les plus fréquemment utilisées.

A cet effet, l'invention a pour objet un tel procédé, caractérisé en ce qu'on utilise, en tant que grandeurs numériques, les premiers moments statistiques d'ordre 1 à 4 sur l'amplitude, la phase et la fréquence instantanées de ce 20 signal, et on établit une correspondance entre ces grandeurs numériques et un type de modulation numérique à l'aide d'un réseau de neurones sigmoïde non bouclé qui a subi un apprentissage préalable pour classer lesdites grandeurs numériques sur des sorties représentatives des classes de 25 modulations numériques suivantes: FSK2, FSK4, FSK8, PSK2, PSK4, PSK8, QAM16, QAM64, OQPSK, MSK.

Par rapport à l'état de la technique connu, les caractéristiques du procédé selon l'invention contribuent à accroître la gamme des modulations reconnues automatiquement 30 tout en simplifiant les moyens utilisés pour effectuer automatiquement cette reconnaissance par la mise en oeuvre d'un réseau de neurones à l'architecture contrainte et allégée qui permet un traitement plus rapide qu'un réseau de neurones totalement connecté. Par ailleurs, un tel procédé 35 permet d'obtenir des performances, en termes de taux de bonnes reconnaissances, de l'ordre de 90% même pour des

signaux interceptés très bruités (rapport signal/bruit pouvant atteindre 0dB) et près de 100% sur des signaux moins bruités.

L'invention est décrite en détails ci-après en 5 référence aux dessins.

La figure 1 est un schéma bloc illustrant le procédé selon l'invention.

Les figures 2 à 7 illustrent des étapes de calcul pour l'extraction des grandeurs numériques selon l'invention.

10 La figure 8 montre l'architecture du réseau de neurones sigmoïde utilisé dans le procédé selon l'invention.

Sur la figure 1, le signal intercepté S a été filtré et numérisé en vue de reconnaître la modulation numérique utilisée pour son émission. Les échantillons numériques 15 complexes obtenus en sortie du convertisseur analogique/numérique (non représenté) sont d'abord passés dans un module 1 d'extraction des moments statistiques d'ordre 1 à 4 sur l'amplitude, la phase et la fréquence du signal S.

20 Ces moments statistiques sont calculés de la façon suivante.

Un vecteur de 2048 échantillons numériques, généralement successifs, provenant de l'échantillonneur sont maintenus en mémoire en vue du calcul du module, de 25 l'argument et du déphasage de chaque échantillon numérique comprenant une partie réelle d'amplitude a et une partie imaginaire d'amplitude b.

Le module Mi de chaque échantillon i (ayant un partie réelle a_i et imaginaire b_i) est d'abord calculé en 30 appliquant la relation montrée à la figure 2.

L'argument Pi de chaque échantillon i est ensuite calculé en appliquant la relation montrée à la figure 3.

La fréquence instantanée Fi en chaque échantillon i est enfin calculée en appliquant la relation montrée à la 35 figure 4. La valeur F_{2048} est arbitrairement fixée égale à la valeur F_{2047} .

On récupère donc trois vecteurs de 2048 éléments chacun contenant respectivement des valeurs de module, des valeurs d'argument et des valeurs de fréquence instantanée.

Les moments statistiques d'ordre 1 à 4 sur l'amplitude, la phase et la fréquence instantanées du signal intercepté sont calculés à partir de ces trois vecteurs ce qui conduit à l'obtention de 12 moments statistiques M1A-M4A, M1P-M4P, M1F-M4F. M1A désigne la moyenne du vecteur d'amplitude. M2A désigne la variance du vecteur amplitude. M3A désigne le moment statistique d'ordre 3 du vecteur amplitude. M4A désigne le moment d'ordre 4 du vecteur amplitude. M1P-M4P désignent respectivement les moments d'ordre 1 à 4 pour le vecteur phase. M1F-M4F désignent respectivement les moments d'ordre 1 à 4 pour le vecteur fréquence.

Les différents moments statistiques sont calculés à partir des relations montrées aux figures 5 à 7 qui reprennent la terminologie définie ci-dessus.

La puissance du signal reçu est normalisée en ce qu'on fixe M1A=1 et les grandeurs M2A-M4A sont recalculées à partir des relations suivantes.

$$M2A = M2A / M1A^2$$

$$M3A = M3A / M1A^3$$

$$M4A = M4A / M1A^4$$

On obtient donc 11 grandeurs utiles M2A-M4F.

Les 11 grandeurs M2A-M4F sont appliquées en entrée du réseau de neurones sigmoïde 2 montré à la figure 1 et qui est décrit ci-après en référence à la figure 8.

Ce réseau de neurones sigmoïde 2 comprend une première couche d'entrée de 11 neurones N1.1-N1.11, une première couche cachée de 20 neurones N2.1-N2.20, une seconde couche cachée de 13 neurones N3.1-N3.13 et une couche de sortie de 10 neurones N4.1-N4.10.

Cette architecture du réseau de neurones 2 contribue à une réalisation particulièrement simple tant sous forme de programme que sous forme de circuit câblé. Le document

"LANGAGES & SYSTEMES-INFOPC N°71; Les réseaux neuronaux artificiels de Henri Lemberg" décrit l'architecture et le fonctionnement d'un réseau de neurones. En effet, le réseau proposé contient deux fois moins de connexions que le même 5 réseau totalement connecté. Ceci est dû au fait que ce réseau est une juxtaposition de réseaux plus simples, ayant subi des apprentissages indépendants, sur des sous-problèmes du problème général.

Le réseau de neurones sigmoïde de la figure 8 est 10 utilisé pour classer les 11 grandeurs M2A-M4F, qui s'avèrent être un bon résumé d'information pour des signaux quasi-périodiques, dans l'une des 10 classes de modulation numérique suivantes: FSK2, FSK4, FSK8, PSK2, PSK4, PSK8, QAM16, QAM64, MSK.

15 Il faut comprendre ici, que chaque neurone de la couche de sortie, en réponse aux grandeurs numériques présentées en entrée du réseau, libère une valeur généralement décimale comprise dans l'intervalle [-1,1], que chaque neurone de la couche de sortie représente une classe 20 de modulation particulière de sorte qu'une mesure de la probabilité de correspondance entre les grandeurs M2A-M4F et la classe de modulation représentée par le neurone est directement donnée par la valeur de sortie de ce neurone.

Les connexions entre neurones sont établies de la 25 façon suivante.

Les 11 neurones N1.1-N1.11 sont connectés chacun aux 5 premiers neurones N2.1-N2.5 de la première couche cachée. Les neurones N2.1-N2.5 sont connectés chacun aux 3 premiers neurones N3.1-N3.3 de la seconde couche cachée. Ces neurones 30 forment un premier sous-réseau de neurones à 11 entrées et 3 sorties.

Les 7 neurones N1.1,N1.2,N1.3,N1.5,N1.7,N1.9,N1.11 sont connectés chacun aux 5 neurones N2.6-N2.10 de la première couche cachée. Les neurones N2.6-N2.10 sont 35 connectés chacun aux 5 neurones N3.4-N3.8 de la seconde

couche cachée. Ces neurones forment un second sous-réseau de neurones à 7 entrées et 5 sorties.

Les 7 neurones N1.1,N1.2,N1.3,N1.5,N1.7,N1.9,N1.11 sont encore connectés chacun aux 5 neurones N2.11-N2.15 de la première couche cachée. Les neurones N2.11-N2.15 sont connectés chacun aux 3 neurones N3.9-N3.11 de la seconde couche cachée. Ces neurones forment un troisième sous-réseau de neurones à 7 entrées et 3 sorties.

Les 7 neurones N1.1,N1.2,N1.3,N1.5,N1.7,N1.9,N1.11 sont encore connectés chacun aux 5 neurones N2.16-N2.20 de la première couche cachée. Les neurones N2.16-N2.20 sont connectés chacun aux neurones N3.12-N3.13 de la troisième couche cachée. Ces neurones forment un quatrième sous-réseau de neurones à 7 entrées et 2 sorties.

Le premier sous-réseau de neurones est prévu de manière à classer les grandeurs d'entrées M2A-M4F dans l'une des 3 métaclasses de modulation numérique, respectivement (FSK2,FSK4,FSK8,OQPSK,MSK); (PSK2,PSK4,PSK8); (QAM16,QAM64) représentées respectivement par ses neurones de sortie. Autrement dit la sortie du neurone N3.1 donne une mesure de la probabilité de correspondance entre une métaclassse comprenant les modulations numériques FSK2,FSK4,FSK8,OQPSK et MSK et les grandeurs d'entrée. La sortie du neurone N3.2 donne une mesure de la probabilité de correspondance entre la métaclassse comprenant les modulations numériques PSK2,PSK4 et PSK8 et les grandeurs d'entrée. La sortie du neurone N3.3 donne une mesure de la probabilité de correspondance entre la métaclassse comprenant les modulations numériques QAM16 et QAM64 et les grandeurs d'entrée.

De la même façon, le second sous-réseau de neurones est prévu de manière à classer les grandeurs d'entrées M2A-M4F dans l'une des 5 classes de modulation numérique, respectivement FSK2,FSK4,FSK8,OQPSK et MSK. Les neurones N3.4-N3.8 représentent respectivement les modulations FSK2,FSK4,FSK8,OQPSK et MSK.

Le troisième sous-réseau de neurones est prévu de manière à classer les grandeurs d'entrées M2A-M4F dans l'une des 3 classes de modulation numérique, respectivement PSK2,PSK4 et PSK8. Les neurones N3.9-N3.11 représentent 5 respectivement les modulations PSK2,PSK4 et PSK8.

Le quatrième sous-réseau de neurones est prévu de manière à classer les grandeurs d'entrées M2A-M4F dans l'une des 2 classes de modulation numérique, respectivement QAM16 et QAM64. Les neurones N3.12-N3.13 représentent 10 respectivement les modulations QAM16 et QAM64.

Ce découpage du réseau de neurones 2 a priori complexes en quatre sous-réseaux de neurones d'architecture beaucoup plus simple contribue à simplifier la phase d'apprentissage pour l'obtention des coefficients de 15 pondération pour les neurones et alléger la structure du réseau final. De ce qui précède, il apparaît que les 11 grandeurs ne servent qu'au problème des métaclasses. Les 3 autres sous-réseaux se contentent de 7 grandeurs d'entrée. la structure du réseau de neurones 2 est ainsi allégée entre 20 les deux premières couches par suppression de connexions.

Ces coefficients de pondération sont obtenus de la façon suivante.

On construit une base de données comportant 3000 jeux de grandeurs d'entrées avec 300 jeux pour chaque type de 25 modulation parmi les 10 types de modulation précités. Le rapport signal/bruit de chaque jeu varie entre 0 et +50dB. Chaque sous-réseau de neurones subit un apprentissage sur la moitié d'une base d'exemples (soit 1500 jeux de grandeurs tirés aléatoirement dans la base par programme).

30 Les coefficients de pondération affectés aux connexions d'entrées de chaque neurone de chaque sous-réseau de neurones sont calculés par l'algorithme de rétro propagation du gradient stochastique. Dans le déroulement de cet algorithme, les coefficients de pondération sont 35 initialisés au hasard dans l'intervalle [-0,1;0,1]. Le pas

du gradient stochastique est égal à 0,01. La base est passée 500 fois sur chaque sous-réseau.

L'apprentissage du réseau de neurones 2 comme décrit ci-dessus n'est rendu possible que par le fait que les sous-5 réseaux de neurones sont indépendants (au niveau de leurs couches cachées).

Dans ce réseau de neurones, les neurones de la couche de sortie sont connectés très simplement aux neurones de la seconde couche cachée. Les connexions entre les neurones de 10 la couche de sortie et ceux de la seconde couche cachée sont données par la table de correspondance montrée à l'annexe I dans laquelle la sortie d'un neurone de la couche de sortie correspond à un ET logique des sorties de deux neurones de la seconde couche cachée.

15 Les sorties des neurones N4.1-N4.10 correspondent respectivement aux classes de modulation numérique FSK2, FSK4, FSK8, PSK2, PSK4, PSK8, QAM16, QAM64, OQPSK, MSK.

Le réseau de neurones 2 peut être suivi par un module de traitement 3 des sorties des neurones N4.1-N4.10. Ce 20 module de traitement a pour fonction de déterminer la plus petite distance Euclidienne entre la sortie du réseau de neurones, par exemple le vecteur [0,6; -0,5;-0,2], et 10 sorties codées du réseau de neurones sous la forme de 10 vecteurs ayant chacun 10 éléments. Dans chaque vecteur, l'un 25 des éléments est égal à 1 et identifie par son rang dans le vecteur une classe particulière de modulation numérique, les autres éléments étant égaux à -1. L'annexe II montre ces 10 vecteurs en correspondance avec une classe de modulation numérique. La plus petite distance Euclidienne qui a été 30 déterminée peut être comparée à un seuil réglable de sorte que la décision D en sortie du module de traitement identifie ou non une modulation numérique reconnue avec un facteur de certitude quantifiable. Ce seuil permet le rejet de type de modulation nouveau présenté au réseau 2 (en 35 dehors des 10 types considérés ci-dessus)

ANNEXE I

N4.1 <- N3.1 ET N3.4
N4.2 <- N3.1 ET N3.5
5 N4.3 <- N3.1 ET N3.6
N4.4 <- N3.2 ET N3.9
N4.5 <- N3.2 ET N3.10
N4.6 <- N3.2 et N3.11
N4.7 <- N3.3 ET N3.12
10 N4.8 <- N3.3 et N3.13
N4.9 <- N3.1 ET N3.7
N4.10 <- N3.1 ET N3.8

ANNEXE II

15 [1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,-1] -> FSK2
[-1,1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,-1] -> FSK4
[-1,-1,1,-1,-1,-1,-1,-1,-1] -> FSK4
[-1,-1,-1,1,-1,-1,-1,-1,-1] -> PSK2
20 [-1,-1,-1,-1,1,-1,-1,-1,-1] -> PSK4
[-1,-1,-1,-1,1,1,-1,-1,-1] -> PSK8
[-1,-1,-1,-1,-1,1,-1,-1,-1] -> QAM16
[-1,-1,-1,-1,-1,-1,1,-1,-1] -> QAM64
[-1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,1,-1] -> OQPSK
25 [-1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,1] -> MSK

REVENDICATIONS

1.) Un procédé pour reconnaître le type de modulation numérique utilisé pour émettre un signal intercepté et a priori inconnu, en vue du décodage de celui-ci, dans lequel on transforme (2) ce signal intercepté sous une forme numérique sur la base de laquelle on extrait des grandeurs numériques servant à discriminer différents types de modulations numériques et on établit (3) une correspondance entre ces grandeurs numériques et un type particulier connu de modulation numérique, caractérisé en ce qu'on utilise, en tant que grandeurs numériques, les premiers moments statistiques d'ordre 1 à 4 sur l'amplitude, la phase et la fréquence instantanées de ce signal, et on établit une correspondance entre ces grandeurs numériques et un type de modulation numérique à l'aide d'un réseau de neurones sigmoïde non bouclé qui a subi un apprentissage préalable pour classer lesdites grandeurs numériques sur des sorties représentatives des classes de modulation numérique suivantes: FSK2, FSK4, FSK8, PSK2, PSK4, PSK8, QAM16, QAM64, OQPSK, MSK.

2.) Un réseau de neurones (2) pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il est constitué de quatre sous-réseaux de neurones ayant subi des apprentissages indépendants, ces quatres sous-réseaux s'inscrivant dans une structure à deux couches cachées ayant chacune une pluralité de neurones, les neurones (N2.1-N2.20) d'une couche cachée n'étant pas complètement connectés aux neurones (N3.1-N3.13) de l'autre couche cachée.

1/3

FIG. 1

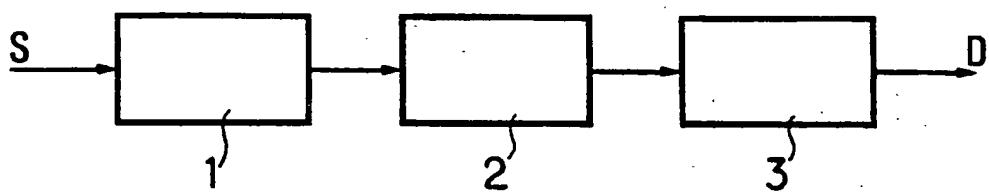


FIG. 2

$$\begin{array}{c} a_i \\ \downarrow \\ b_i \\ \downarrow \\ M_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \end{array}$$

FIG. 3

$$\begin{array}{c} a_i \\ \downarrow \\ b_i \\ \downarrow \\ P_i = \text{Arctang} \left(\frac{b_i}{a_i} \right) \end{array}$$

FIG. 4

$$\begin{array}{c} a_i \\ \downarrow \\ b_i \\ \downarrow \\ a_i + 1 \\ \downarrow \\ b_i + 1 \\ \downarrow \\ F_i = \frac{\text{Arctang} \left(\frac{b_i + 1}{a_i + 1} \right) - \text{Arctang} \left(\frac{b_i}{a_i} \right)}{2\pi} \end{array}$$

2/3

FIG. 5

$$\begin{array}{c}
 M_1 \cdots M_i \cdots M_{2048} \\
 \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\
 \boxed{M_{1A} = \frac{1}{2048} \sum_{i=1}^{2048} M_i} \\
 M_{2A} = \frac{1}{2048} \sum_{i=1}^{2048} M_i^2 \\
 M_{3A} = \frac{1}{2048} \sum_{i=1}^{2048} M_i^3 \\
 M_{4A} = \frac{1}{2048} \sum_{i=1}^{2048} M_i^4
 \end{array}$$

FIG. 6

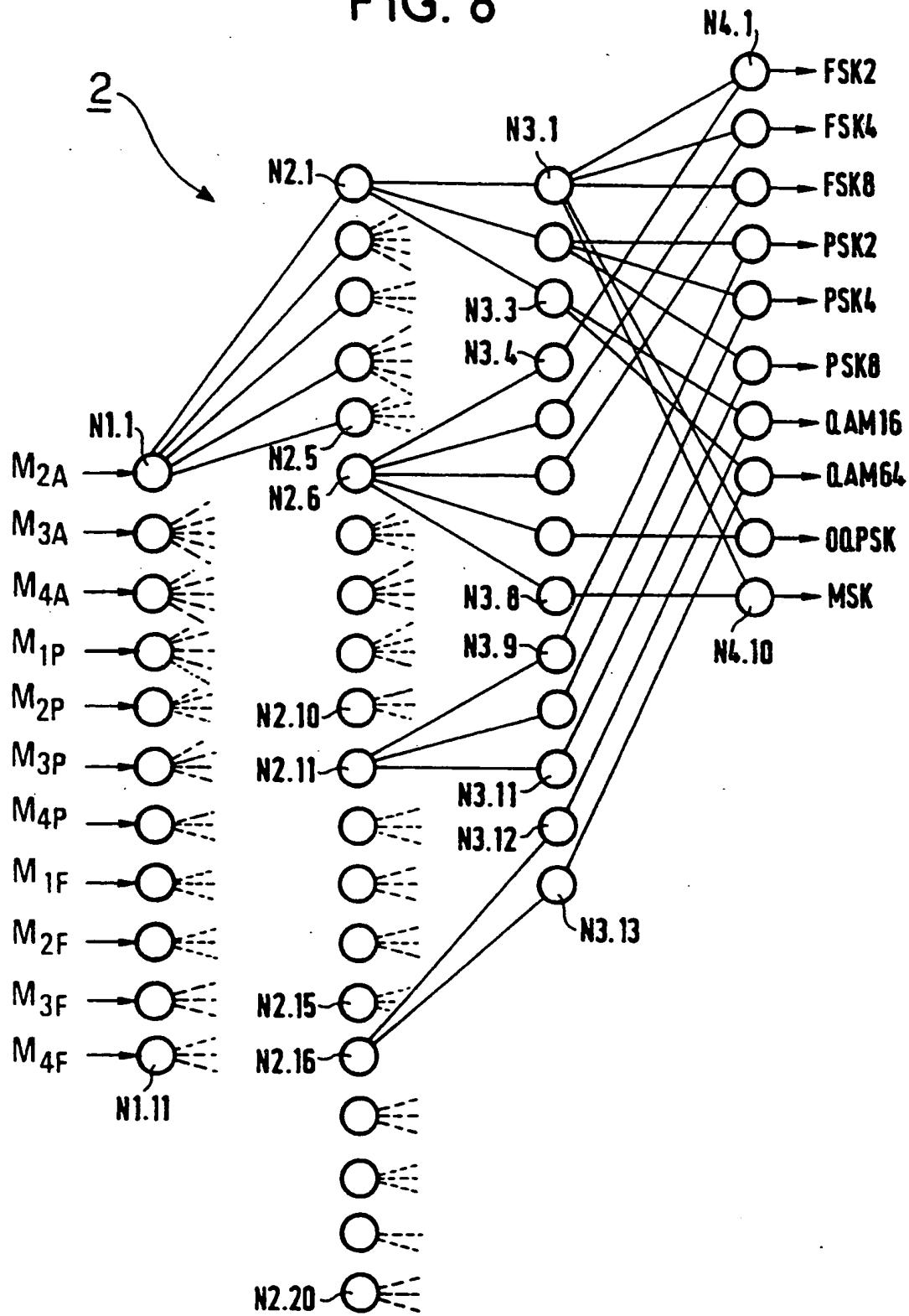
$$\begin{array}{c}
 P_1 \cdots P_i \cdots P_{2048} \\
 \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\
 \boxed{M_{1P} = \frac{1}{2048} \sum_{i=1}^{2048} P_i} \\
 M_{2P} = \frac{1}{2048} \sum_{i=1}^{2048} P_i^2 \\
 M_{3P} = \frac{1}{2048} \sum_{i=1}^{2048} P_i^3 \\
 M_{4P} = \frac{1}{2048} \sum_{i=1}^{2048} P_i^4
 \end{array}$$

FIG. 7

$$\begin{array}{c}
 F_1 \cdots F_i \cdots F_{2048} \\
 \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\
 \boxed{M_{1F} = \frac{1}{2048} \sum_{i=1}^{2048} F_i} \\
 M_{2F} = \frac{1}{2048} \sum_{i=1}^{2048} F_i^2 \\
 M_{3F} = \frac{1}{2048} \sum_{i=1}^{2048} F_i^3 \\
 M_{4F} = \frac{1}{2048} \sum_{i=1}^{2048} F_i^4
 \end{array}$$

3/3

FIG. 8



REPUBLIQUE FRANÇAISE

2713799

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

N° d'enregistrement
nationalFA 497250
FR 9314724établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concerées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	MILCOM '93, 11-14 Octobre 1993, Boston, US; IEEE, New York, US, 1993; pages 1028 - 1032, Farrell & Mammone, "Modulation classification using a neural tree network" * figures 1,3 * * page 1030, colonne de gauche, alinéa 1 - colonne de droite, ligne 2 * ---	1,2
A	EP-A-0 487 376 (THOMSON) * figures 1,2 * * page 2, ligne 33 - ligne 43 * * page 3, ligne 29 - page 4, ligne 5 * * page 4, ligne 15 - ligne 36 * ---	1,2
A	IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, vol.40, no.5, Mai 1992, NEW YORK US pages 908 - 916 SOLIMAN & HSUE 'Signal classification using statistical moments' * abrégé * * page 908, colonne de droite, alinéa 2 * * page 909, colonne de gauche, alinéa 1 * ---	1,2
A	SIGNAL PROCESSING. EUROPEAN JOURNAL DEVOTED TO THE METHODS AND APPLICATIONS OF SIGNAL PROCESSING, vol.22, no.3, Mars 1991, AMSTERDAM NL pages 239 - 250 DOMÍNGUEZ ET AL 'A general approach to the automatic classification of radiocommunication signals' * figures 3,4 * * page 242, colonne de droite, alinéa 2 - page 255, colonne de gauche, alinéa 1 * ---	1,2
		-/--
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CLS)
		H04L G06F
1	Date d'achèvement de la recherche 25 Août 1994	Examinateur Scriven, P
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

REPUBLIQUE FRANÇAISE

2713799

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 497250
FR 9314724

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US-A-5 095 443 (WATANABE) * abrégé; figures 1-3,5 * * colonne 2, ligne 21 - ligne 32 * ----	2
A	BIOLOGICAL CYBERNETICS, vol.62, no.4, Février 1990, HEIDELBERG DE pages 275 - 288 KAWATO ET AL. 'Trajectory formation of arm movement by cascade neural network model based on minimum torque-change criterion' * figures 2,3 * * page 278, colonne de droite, alinéa 3 * * page 280, colonne de droite, alinéa 2 - page 281, colonne de gauche, alinéa 1 * * page 281, colonne de droite, alinéa 2 * -----	2
DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CLS)		
1	Date d'achèvement de la recherche 25 Août 1994	Examinateur Scriven, P
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulguement non écrit P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		